

文章编号: 1000-2022(2000)-01-0106-07

中国近46年冬季气温序列变化的研究*

周自江, 王颖

(国家气象中心, 北京 100081)

摘要: 利用 1951~1997 年中国大陆 695 个站的实测气温资料和纬度余弦加权平均法建立了全国及 8 个区域近 46 年冬季气温的时间序列, 并对其变化特征作了分析研究。结果表明: 我国冬季气温总体上呈非连续的增暖趋势, 线性变化约为 $0.155\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot(10\text{ a})^{-1}$, 90 年代较 50 年代约上升了 $0.61\text{ }^{\circ}\text{C}$, 其中 1985 年以后的增暖极为明显; 冬季气温变暖不完全是由夜间最低气温引起的, 最高气温的变化也是近期气温增暖的重要特征; 青藏高原地区冬季气温 50 年代最暖, 气温变化的总趋势表现为变冷。

关键词: 冬季; 实测气温资料; 纬度余弦加权平均; 气温序列变化

中图分类号: P423.3⁺5 **文献标识码:** A

在现代气候学研究中, 气候变暖问题倍受人们关注。IPCC 于 1995 年对近 100 a 全球的气温变化事实作出评估^[1]——全球增暖趋势为 $0.3\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot(100\text{ a})^{-1}\sim 0.6\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot(100\text{ a})^{-1}$ 。中国气候学者们也在密切注视这一问题, 并对中国的气温变化进行了多方面的研究^[2-4]。王绍武^[5]认为近 100 a 全球气温平均上升了 $0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右, 同时还指出中国与全球气温的相关系数在 $0.3\sim 0.4$ 之间, 可见中国气温变化有着自身特点。现有成果表明: 在 1951~1990 年的 40 a 间中国年平均气温升高了 $0.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ ^[6]; 我国气温变化具有明显的区域差异和季节性^[7,8]; 中国最高和最低气温的变化有明显的不对称性^[9]。此外, 研究还普遍认为我国冬季气温增暖最具显著特征。

王绍武等^[10]在得到覆盖面有所加大的中国百年气温新序列(1880~1989年)后, 指出中国气温的增暖趋势为 $0.37\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot(100\text{ a})^{-1}$, 明显高于其本人 1990 年的估计值($0.09\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot(100\text{ a})^{-1}$)。由此可见, 资料的覆盖面(或者说站点密度)对气温变化趋势的估计存在着一定的影响。然而从研究文献来看, 资料的覆盖面一般只有国家基本站点的 $20\%\sim 50\%$, 相当于 140~350 站。这就意味着中国有一半以上客观性、准确性比较好的实测资料在以前的气温变化研究中没有被使用。因此本文充分引入高密站网(全国 695 个站)详尽的实测资料, 对中国最近 46 个冬季的气温变化作进一步研究, 以期对气温变化得出更多认识。

1 资料及分区

695 个站 1951~1997 年的气温资料主要来自国家气象中心整理存档的地面气象记录月

* 收稿日期: 1999-05-21; 改回日期: 1999-11-15

基金项目: 国家气象中心“九五”攻关课题(ZX95-05)资助

作者简介: 周自江, 男, 1970 年 3 月生, 学士, 工程师

报表及其信息化产品。为弥补 50 年代初期部分站点资料的不足, 尽可能用存档的其他资料来填补, 使序列长度在 40 a 以上的站点数达到总站数的 82 %。成为迄今为止同类研究中站点最密、序列最完整的资料。站点数的明显增加可以使因迁站等造成的资料不均一更好地相互抵消^[11]。图 1 给出了全国 695 个站的分布情况。

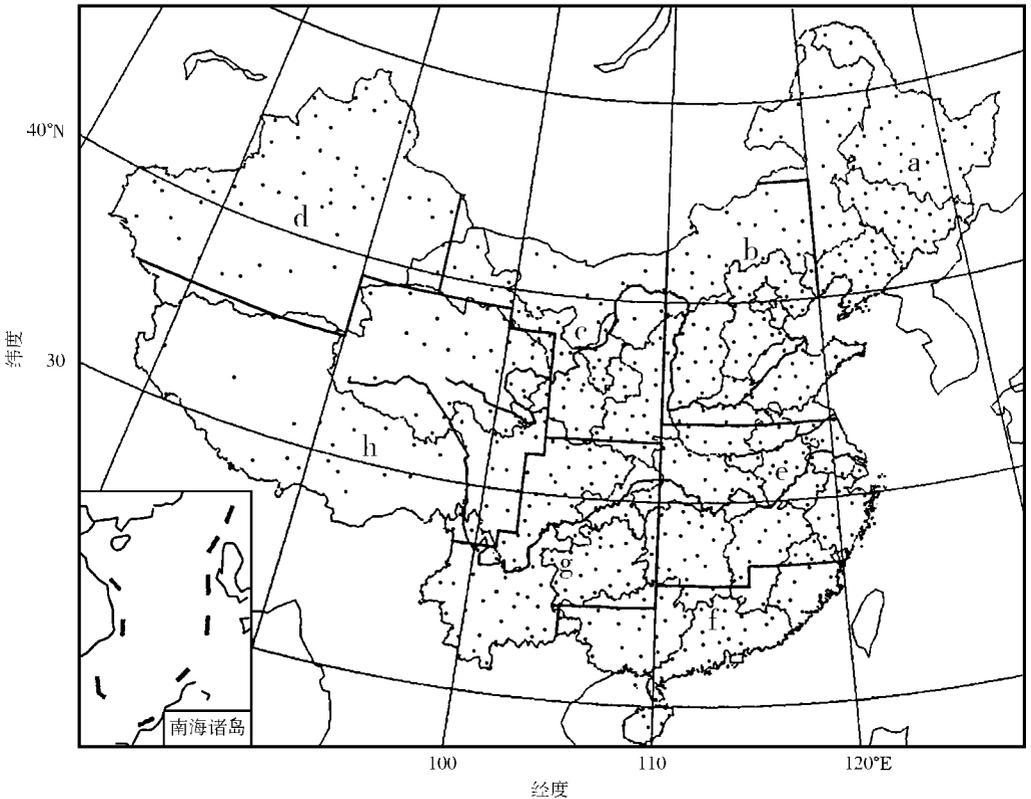


图 1 全国 695 个站及 8 个区域的分布图(黑点: 站点; a~h: 区域号; 粗实线: 区域边界)

Fig. 1 Distribution of 695 stations and 8 regions in China

(black dot: station; a~h: sign of region; thick line: boundary of region)

我国地域辽阔, 冬季南北温差较大, 为较全面地讨论我国冬季气温序列的变化特征, 我们在分析讨论全国序列的同时, 还作了分区研究。本文在国家气象中心根据气候区和气温变化特征将全国划分为 7 个区的基础上, 并参照文献[8~10]的研究成果, 充分考虑地形特点(如青藏高原)和下文 5.0×1.0 经纬度网格的完整性, 把全国划分为 8 个区(图 1)。它们是: a、东北(99 个站); b、华北(98 个站); c、西北东部(78 个站); d、西北西部(54 个站); e、长江中下游(110 个站); f、华南(82 个站); g、西南(93 个站); h、青藏高原(81 个站)。为便于比较, 我们用符号 i 代表全国。在计算区域和全国序列时, 参照文献[12]的研究成果, 剔除了 61 个人口超过 50 万的城市站和东部地区 18 个孤立高山站资料, 以尽量排除城市热岛和山峰冷岛等的可能影响。

2 气温序列的建立

全国和各区域序列的产生方法如下。

- (1) 求算全国各单站的冬季气温(上年 12 月和当年 1、2 月气温的平均)序列。
- (2) 将全国和各区域按 5.0×1.0 经纬度网格化, 由各单元网格内的单站序列, 求算出

各单元网格的冬季气温序列 T_{jk} ($k=1, \dots, 46, j$ 为网格标号)。对于边界附近的网格, 如果其跨有 3 个或 3 个以上经度, 则按一个独立网格来计算, 否则并入其左右相邻网格。对于无测站的网格(例如位于青藏高原西部、塔里木盆地的网格)不参加计算。这样得到 182 个有效网格, 即 j 为 1, 2, ..., 182。

(3) 以各单元网格序列 1961 ~ 1990 年的累年值为气候平均值(记作 T_j), 求出各单元网格的距平序列 T_{jk} 。

(4) 利用文献[13]中(4)式算出全国和区域序列。

考虑到我国冬季气温南北差异较大、站点比较密以及纬度权重作用, 我们将单元网格的纬度间距由 Jones 的 5.0 减小为 1.0 °; 以求尽可能全面地反映出我国冬季的变化特征。获得全国和区域序列后, 运用两种数学方法进行再处理。

(a) 用线性化来拟合序列, 并用最小二乘法求得线性变化趋势,

$$T_{Rk}(k) = ak + b, \quad k = 1, \dots, 46. \quad (1)$$

(b) 用九点二项式滑动平均滤掉高频变化, 以反映气温的长周期变化, 方法为

$$T_{Rk}(k) = \begin{cases} x_1 T_{Rx}, & 1 \leq k \leq 4; \\ x_2 T_{Rx}, & 5 \leq k \leq 42; \\ x_3 T_{Rx}, & 43 \leq k \leq 46. \end{cases} \quad (2)$$

式中 x_1 、 x_2 、 x_3 为滑动系数。

3 冬季气温序列的变化特征

3.1 平均气温序列变化

图 2 为全国及 8 个区域 1952 ~ 1997 年冬季的平均气温变化曲线。表 1 给出了冬季平均气温的线性趋势($\cdot (10 \text{ a})^{-1}$)、增幅(\cdot)和峰谷年代

Table 1 The linear trend($\cdot (10 \text{ a})^{-1}$), increment(\cdot), and peak/valley year of winter temperature over 8 regions and China

区域名称	线性趋势	增幅	最冷年	次冷年	最暖年	次暖年
东北	0.494	1.96	1957	1977	1989	1995
华北	0.351	1.53	1968	1957	1979	1989, 1995, 1997
西北东部	0.319	1.30	1968	1955	1979	1987
西北西部	0.355	1.38	1955	1967, 1969	1990	1952, 1979
长江中下游	0.166	0.93	1968	1957	1979	1987
华南	0.029	0.21	1968	1984	1987	1979
西南	0.065	0.25	1968	1977, 1983	1987	1952
青藏高原	-0.112	-0.82	1983	1968	1954	1952
全国	0.155	0.61	1968	1977	1952	1979, 1987, 1991

温的线性变化趋势、90 年代相对于 50 年代的增幅以及 46 年中的峰谷年代。由图 2i 和表 1 可见, 我国冬季平均气温变化的总趋势是变暖的, 线性变化趋势约为 $0.155 \cdot (10 \text{ a})^{-1}$, 90 年

代和 50 年代相比较约上升了 0.61 。但这种升温过程是不连续的, 具有明显波动性, 主要可分为 3 个时段, 1952 ~ 1968 年气温明显变冷, 变冷趋势为 $-0.996 \cdot (10 a)^{-1}$, 1968 年达到最冷点, 此后气温逐步上升, 但 1968 ~ 1985 年升温幅度不大, 上升趋势为 $0.375 \cdot (10 a)^{-1}$, 而且多数年份低于 46 年的平均值, 1985 年以后快速增暖, 增暖趋势为 $0.786 \cdot (10 a)^{-1}$, 并连续保持显著的正距平, 于 1987、1991 年两次达到 46 年的次高点。

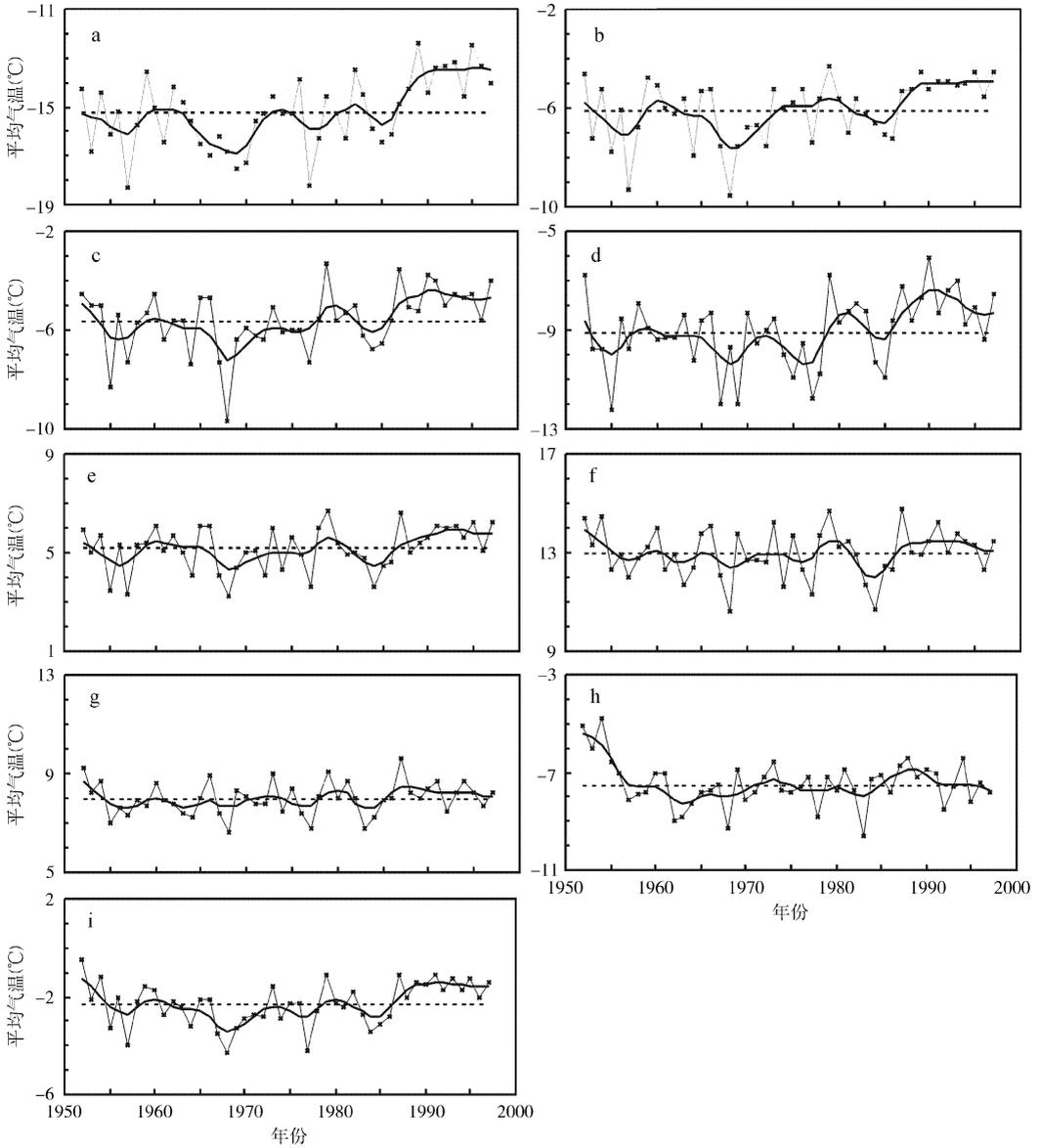


图 2 全国及各区域 1952 ~ 1997 年冬季平均气温变化曲线

(a ~ h: 区域号; i: 全国; 细实线: 逐年变化曲线; 粗实线: 滑动平均值; 虚线: 46 年平均值)

Fig.2 Interannual variation of winter temperature over 8 regions and China in 1952 ~ 1997

(a ~ h: sign of region; i: over China; thin solid line: interannual curve; thick solid line: running mean curve; dashed line: mean value of 46 winters)

如果简单地用平均气温距平 1.0 (-1.0) 来判断异常暖(冷)冬的话, 那么 1955、

1957、1967、1968、1977 和 1984 年出现全国较大范围的冷冬, 1952、1954、1979、1987、1991、1993 和 1995 年出现全国较大范围的暖冬, 其中 1985 年以后就出现了 4 次暖冬, 可见我国近十年的暖冬现象是比较突出的。

从各区域来看, 在东北(图 2a)、华北(图 2b)、西北(图 2c 和图 2d)和长江中下游(图 2e), 冬季平均气温的变化表现为明显的升温变暖趋势。线性趋势和增温幅度以东北为最大, 90 年代比 50 年代上升了 1.96 $^{\circ}\text{C}$, 线性趋势为 0.494 $^{\circ}\text{C} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$; 华北、西北次之; 长江中下游相对较小, 约和全国平均趋势持平。在华南(图 2f)和西南(图 2g), 虽然 90 年代冬季平均气温较 50 年代分别高 0.21 $^{\circ}\text{C}$ 和 0.25 $^{\circ}\text{C}$, 但线性拟合趋势不显著, 分别为 0.029 $^{\circ}\text{C} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$ 和 0.065 $^{\circ}\text{C} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$ 。值得注意的是, 本文在使用相对较密的资料后, 发现青藏高原(图 2h) 冬季平均气温以 50 年代最暖, 46 年变化的总趋势为降温, 其线性趋势为 -0.112 $^{\circ}\text{C} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$, 90 年代较 50 年代低 0.82 $^{\circ}\text{C}$ 。此外, 青藏高原冬季平均气温的降温主要集中在 50 年代和 60 年代中前期, 变冷趋势为 -1.868 $^{\circ}\text{C} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$, 此后缓慢上升, 上升趋势为 0.154 $^{\circ}\text{C} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$, 相当于同时期全国平均趋势 0.632 $^{\circ}\text{C} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$ 的四分之一。

3.2 最高和最低气温序列变化

由全国及 8 个区域冬季平均最高和最低气温的变化曲线(图略)和表 2(为相应的线性变化趋势和 90 年代相对于 50 年代的增幅)可以看出, 就全国而言, 冬季最高、最低气温与平均气温变化的长周期是一致的, 但增温趋势和幅度有一定差异。如果以 1968 年为界的话, 那么无论在 50、60 年代的降温期间, 还是在此后的升温过程中, 最低气温都要较最高和平均气温变化显著。即我国冬季气温变化中, 最低气温的变化是主要的。90 年代约比 50 年代升高 0.9 $^{\circ}\text{C}$ 。但最高气温在 1985 年以后也明显增暖, 90 年代约比 50 年代升高了 0.57 $^{\circ}\text{C}$ 。进一步研究发现, 在 1990 年以后冬季最低气温开始向下波动, 而最高气温却继续保持高水平。这使得 1985 ~ 1997 年冬季最高气温的线性趋势(1.158 $^{\circ}\text{C} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$) 高于最低气温的线性趋势(1.062 $^{\circ}\text{C} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$), 也就是说, 1985 年以后中国冬季变暖并不完全是由最低气温变暖而形成的。陈隆勋等^[8]在研究年最高、最低气温变化时也曾得到了类似认识。

表 2 全国和各地区冬季最高、最低气温的线性趋势($^{\circ}\text{C} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$) 和增幅($^{\circ}\text{C}$)

Table 2 The linear trend($^{\circ}\text{C} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$) and increment($^{\circ}\text{C}$) of maximum and minimum winter temperature over 8 regions and China

区域名称	最高气温		最低气温	
	线性趋势	增幅	线性趋势	增幅
东北	0.423	1.77	0.672	2.55
华北	0.302	1.53	0.508	2.08
西北东部	0.227	1.14	0.462	1.73
西北西部	0.240	1.07	0.487	1.80
长江中下游	0.100	0.86	0.262	1.19
华南	-0.048	0.06	0.126	0.53
西南	-0.060	-0.23	0.232	0.91
青藏高原	-0.188	-0.72	-0.023	-0.79
全国	0.104	0.57	0.257	0.90

在各个区域, 冬季最高、最低气温与平均气温变化的长周期都有一致性, 但变化趋势和幅

度因地而异。在东北、华北、西北和长江中下游, 最高、最低气温同为增暖, 并且最低气温的线性趋势和增幅普遍大于最高气温, 尤其在北方特别明显。在华南和西南地区最低气温持续变暖, 90 年代比 50 年代分别升高了 0.53 和 0.91, 但最高气温却在变冷。青藏高原最高气温持续变冷, 90 年代比 50 年代下降了 0.72, 最低气温在 1963 年以前快速变冷, 1963 以后有缓慢上升趋势, 但远未达到 50 年代中前期水平, 90 年代比 50 年代低 0.79。

1990 年以后, 东北地区最高和最低气温均继续增暖, 并且最高气温的趋势较最低气温稍明显; 华北、西北东部和长江中下游地区最高气温继续增暖, 而最低气温却向下波动; 西北西部和华南最高、最低气温都变冷, 其中最低气温的趋势较最高气温稍明显; 青藏高原最高、最低气温都变冷, 最高气温较最低气温稍明显; 西南最高气温明显变冷, 最低气温变化不大。

4 小 结

(1) 在 1951~1997 年期间, 我国冬季气温总体上呈增暖趋势, 全国冬季平均气温、最高气温和最低气温的线性变化趋势分别为 $0.155 \cdot (10 \text{ a})^{-1}$ 、 $0.104 \cdot (10 \text{ a})^{-1}$ 和 $0.257 \cdot (10 \text{ a})^{-1}$, 90 年代较 50 年代约分别升高了 0.61、0.57 和 0.90。但此增暖过程是不连续的, 主要分三个时段: 1952~1968 年变冷, 1968~1985 年升温, 但幅度不大, 1985~1997 年急剧增暖。

(2) 冬季全国及各区域最高、最低气温与平均气温的变化长周期均存在一致性, 但变化趋势和幅度因地而异。平均气温在长江中下游及北方地区均明显变暖, 在青藏高原变冷, 在华南和西南变化不大; 最高气温在长江中下游及北方地区也明显变暖, 在青藏高原和南方地区变冷; 最低气温除青藏高原变化不明显外, 全国普遍增暖, 且在北方地区特别显著。

(3) 冬季气温变化的表现是多方面的, 冬季气温变暖不完全是由于夜间最低气温引起的, 最高气温的增暖, 也是我国近期冬季气温变暖的重要特征。

参考文献:

- [1] HOUGHTON J T. The science of climate change[R]. Climate change 1995, IPCC. Cambridge: Cambridge University Press, 1995
- [2] 张先恭, 李小泉. 本世纪我国气温变化的某些特征[J]. 气象学报, 1982, 40(2): 198~208
- [3] 林学椿, 于淑秋. 近 40 年我国气候趋势[J]. 气象, 1990, (10): 16~21
- [4] 宋连春. 近 40 年我国气温时空变化特征[J]. 应用气象学报, 1994, 5(1): 119~124
- [5] 王绍武. 近百年气候变化与变率的诊断研究[J]. 气象学报, 1994, 52(3): 261~273
- [6] 丁一汇, 戴晓苏. 中国近百年来的温度变化[J]. 气象, 1994, (12): 19~26
- [7] 陈隆勋, 邵永宁, 张清芬. 近四十年我国气候变化的初步分析[J]. 应用气象学报, 1991, 2(2): 164~173
- [8] 陈隆勋, 朱文琴, 王文. 中国近 45 年来气候变化的研究[J]. 气象学报, 1998, 56(3): 257~271
- [9] 翟盘茂, 任福民. 中国近四十年最高最低气温变化[J]. 气象学报, 1997, 55(4): 418~429
- [10] 王绍武, 叶瑾琳, 龚道溢. 近百年中国年气温序列的建立[J]. 应用气象学报, 1998, 9(4): 392~401
- [11] KARL T R, WILLIAMS C N Jr. An approach to adjusting climatological time series for discontinuous inhomogeneities [J]. J Clim Appl Meteor, 1987, 26(12): 1744~1763
- [12] KARL T R, JONES P D, Knight R W, et al. A new perspective on recent global warming: asymmetric trends of daily maximum and minimum temperature [J]. Bull Amer Meteor Soc, 1993, 74(6): 1007~1023
- [13] JONES P D. Calculating regional climatic time series for temperature and precipitation: methods and illustrations [J]. Int J of Climate, 1996, 16(4): 361~377

Studies on winter temperature variation in China in 1951 ~ 1997

ZHOU Zi-jiang, WANG Ying

(National Meteorological Center, Beijing 100081)

Abstract: Based on the observational temperature over 695 stations in China from 1951 to 1997, winter temperature series over 8 regions and China are constructed in terms of a method which the average is weighted by the cosine of the latitude, to investigate their variation features. Results show that: 1) winter temperature displays a discontinuous warming trend on the whole, with the linear trend of about $0.155 \text{ } \cdot (10 \text{ a})^{-1}$ and the increment of about 0.61 from 1950s to 1990s, which is remarkable especially after 1985; 2) such a warming trend is contributed not only to the minimum temperature, but also to the maximum temperature variation; 3) winter temperature over Tibetan plateau is getting colder with the warmest period in 1950s.

Key words: winter; observational temperature data; average weighted by cosine of latitude; change of temperature series